



УДК 629.7; 621.391.63

МРНТИ 50.01.85

[https://doi.org/10.53364/24138614\\_2026\\_40\\_1\\_6](https://doi.org/10.53364/24138614_2026_40_1_6)

Т.Б. Кермбаева<sup>1</sup>, Р.Комادا<sup>2</sup>, М.С.Кунапьянова<sup>3\*</sup>, Ж.Е. Ерсайнова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>АО «Академия Гражданской Авиации», Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Lublin University of Technology, Lublin, Poland

<sup>3</sup>Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

\*E-mail: [Kmarzhana92@mail.ru](mailto:Kmarzhana92@mail.ru)

## АЛГОРИТМ АДАПТИВНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ГРУПП В VLC-СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

**Аннотация.** В данной работе рассматривается математическая модель определения координат интегрированных групп беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Проанализированы основные сферы применения БПЛА и перспективные направления развития беспилотных авиационных систем, интегрирующих комплексы дистанционно управляемых аппаратов. Для повышения устойчивости и надёжности взаимодействия в таких системах предложены устойчивые структуры интегрированных групп.

Особое внимание уделено методам моделирования интегрированных групп БПЛА, включающим математическое описание и проведение компьютерных экспериментов. Проанализированы структуры интегрированных групп с учётом критериев устойчивости топологии при перемещениях и надёжности каналов передачи данных, построенных на основе технологий видимой световой связи (VLC).

Для получения результатов разработаны математические описания и соответствующие компьютерные модели интегрированных групп БПЛА, удовлетворяющие критериям устойчивости топологии и надёжности каналов передачи данных. Моделирование выполнено в среде Matlab R2020b, где построены компьютерные модели роев БПЛА в трёхмерной системе координат.

Кроме того, в работе рассмотрены различные виды топологий интегрированных групп БПЛА и их влияние на устойчивость и надёжность функционирования системы.

**Ключевые слова:** метод, группа беспилотных летательных аппаратов, управление, модель, каналы передачи данных, искусственный интеллект.

### Введение.

В настоящее время отмечается интенсивное развитие и активное внедрение инновационных беспилотных авиационных систем (БАС) как в военной, так и в гражданской сферах. При этом за последнее десятилетие значительно возрос спрос на применение БАС именно в гражданском секторе, в частности для сбора и обработки информационных данных, мониторинга и прогнозирования в нефтегазовой отрасли, метеорологических исследований, а также проведения поисково-спасательных операций и других прикладных задач [1].

Рост интереса к беспилотным технологиям обусловлен рядом факторов, среди которых ключевыми являются снижение стоимости разработки и эксплуатации, относительная простота проектирования и производства, а также высокая эффективность выполнения задач в сложных и опасных условиях. Существенным преимуществом является возможность использования БАС в рискованных операциях без угрозы жизни оператора [2].

Одним из современных направлений развития беспилотных технологий является формирование БАС в виде интегрированных групп (ИГ) беспилотных летательных аппаратов, в которых каждый элемент функционирует как автономный агент в рамках сетевой системы управления. В таком случае совокупность агентов ИГ может быть представлена в виде мультиагентной системы [3].

В составе интегрированных групп, как правило, применяются малогабаритные БПЛА, что обеспечивает ряд значимых преимуществ: повышение эффективности координации совместных действий летательных аппаратов, расширение зоны охвата контролируемой территории, а также увеличение гибкости и надежности функционирования БАС за счет механизмов резервирования.

Вместе с тем использование интегрированных групп БПЛА сопряжено с рядом технических ограничений. Ключевой проблемой является обеспечение устойчивого и высоконадежного энергоснабжения, поскольку формирование эффективных каналов радиосвязи с оператором требует значительных энергетических затрат приемопередающей аппаратуры. Одновременно с этим сохранение необходимых маневренных характеристик БПЛА предполагает существенное уменьшение габаритов антенн [4], что негативно сказывается на качестве радиосвязи.

В связи с этим актуальной задачей становится разработка и внедрение высокоэффективных каналов связи, обеспечивающих:

- передачу видеоданных, контрольно-измерительной информации, управляющих сигналов и сведений об окружающей среде от каждого БПЛА;
- устойчивую коммуникацию с наземным центральным устройством управления и ведомыми БПЛА верхнего уровня. Научной новизной данной работы является организация беспроводных каналов передачи на данных на основе технологии VLC технологии.

#### **Материалы и метод исследования.**

В статье рассматривается возможность повышения эффективности беспроводных каналов передачи информации и данных за счёт использования оптического диапазона электромагнитного спектра [5]. В качестве перспективного решения предлагается применение технологии передачи данных по видимому свету — VLC (Visible Light Communication), позволяющей использовать источники света не только в качестве средств освещения, но и как каналы передачи информации и данных [6].

Внедрение данной технологии обуславливает необходимость разработки новых структур и режимов функционирования интегрированных групп беспилотных летательных аппаратов. При этом предлагаемые решения должны обладать универсальностью при переходе к другим диапазонам передачи данных, а также обеспечивать высокую эффективность при контроле межаппаратных расстояний и повышенную точность позиционирования БПЛА [7].

В военном деле окончательно не решена задача снижения заметности группы БПЛА при прохождении систем наблюдения противовоздушной обороны (ПВО) [8] из-за невысокой маневренности. При этом при одиночном использовании имеются успешные решения по преодолению ПВО [9], но эффективность их использования существенно ниже по сравнению с групповым применением [10]. Не окончательно решена задача предотвращения столкновений между БПЛА при преодолении преград и выполнении сложных маневров при перемещении из-за несовершенства алгоритмов управления,

включающих требования по расчету параметров движения для каждого элемента в группе [11].

Одним из эффективных решений указанных проблем управления ИГ БПЛА, является применение эффективных алгоритмов трансформации.

Трансформация – это оптимальное деление исходной группы БПЛА на рои в зависимости от внешних условий. Существует решения по разделению на группы на основе искусственного интеллекта или перестроения для уменьшения заметности [12].

Однако эффективности трансформации заметно снижается, поскольку не рассматривается режимы управления при переходе на новые каналы передачи данных при децентрализованные управления.

Для повышения эффективности трансформации ИГ БПЛА авторы статьи предлагают использовать новые алгоритмы [13].

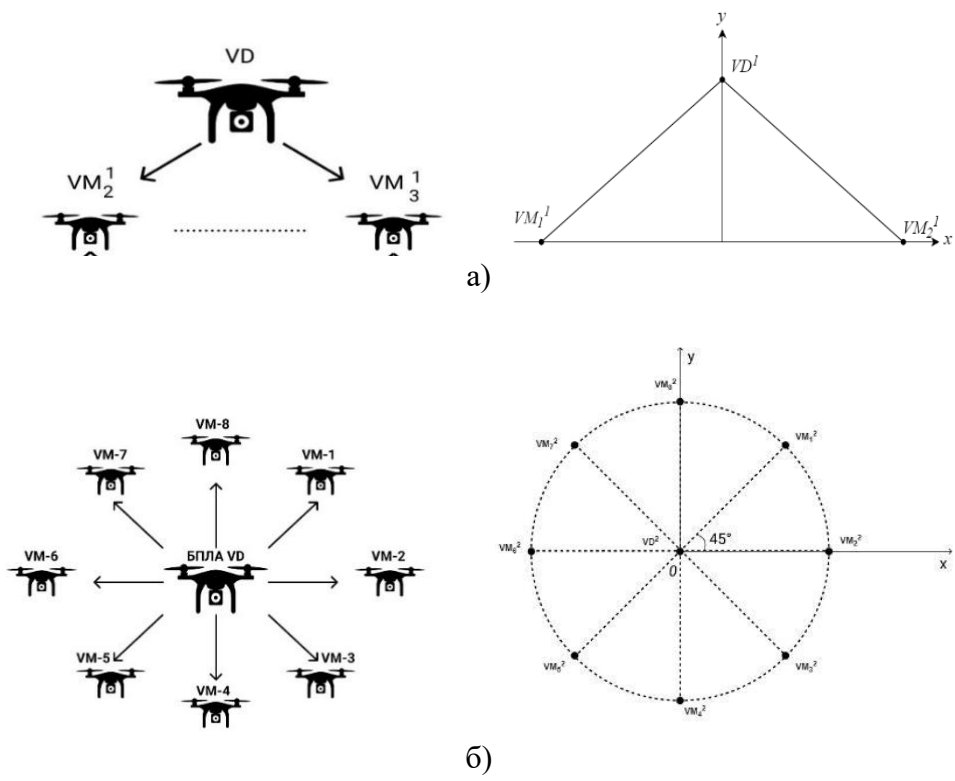
**Результаты и обсуждение.**

Работа состоит из аналитических исследований, разработке математических описаний на основе координат элементов интегрированных групп БПЛА и компьютерном моделировании.

Для обеспечения эффективной и устойчивой передачи данных на основе VLC - технологий, необходимо соответствие следующим требованиям:

- в структуре необходимо строго соблюдать симметричность размещения БПЛА;
- переходы на децентрализованное управление - оператор управляет интегрированной группой посредством ведущих БПЛА;
- расстояние между БПЛА ограничено распространением волн VLC диапазона для обеспечения стабильности сигналов управления с минимальными искажениями;
- перемещение и передвижение по координатам прогнозирование близости.

На основе аналитических исследований был разработан ряд структур ИГ с соответствующими им геометрическими схемами – топологиями.



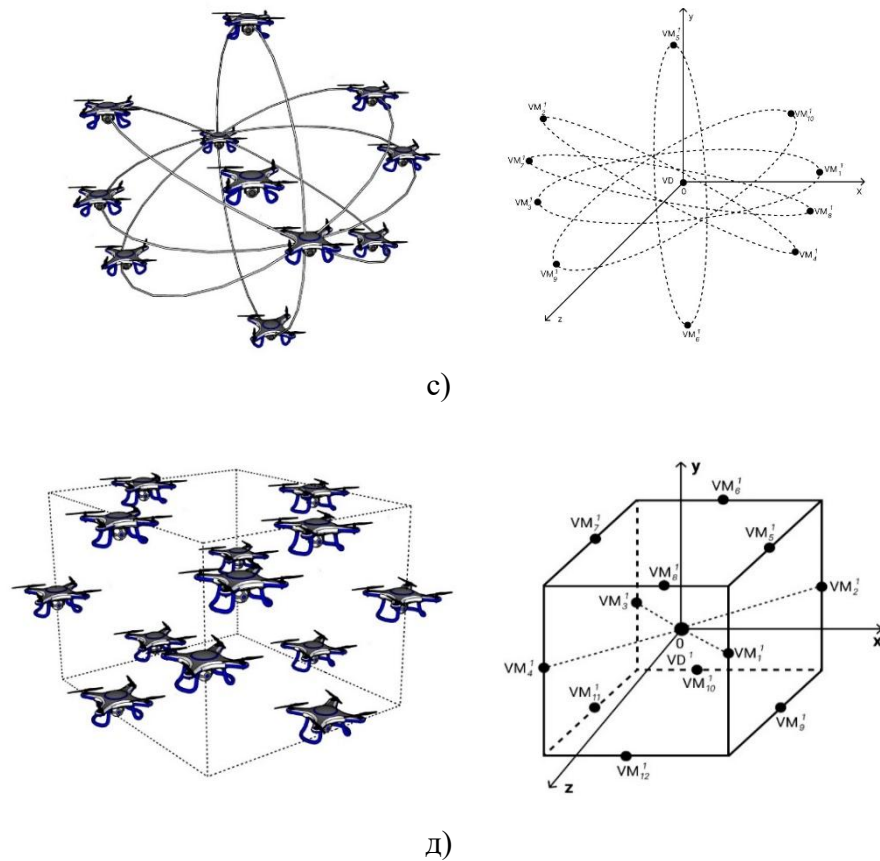


Рисунок 1 – Структуры и топологии ИГ БПЛА

а) треугольная структура с топологией «клин», б) пространственная структура с топологией «круг», в) сферическая структура с топологией «шар», г) объемная структура с топологией «куб».

При разработке структур учитывались, кроме предъявляемых требований и условия устойчивости передачи данных.

Как видно из рисунка 1, каждая структура включает два вида БПЛА: VD-ведущий и VM-ведомые.

При построении топологии структур ИГ БПЛА принимались в качестве материальных точек. Если их размеры соизмеримы с расстоянием между ними, то в расчетах необходимо учитывать поправки на их размеры и от какой точки конструкции считается расстояние между объектами.

Каждая структура ИГ имеет следующее математическое описание:

$$V^N = \{VD^N; \cup_{j=1}^M VM_j^N\} \tag{1}$$

где  $VD^N$  – ведущие БПЛА с координатами  $(X_0^N; Y_0^N; Z_0^N)$ ;

$\cup_{j=1}^M$  – объединение с пределами;

$VM_j^N$  – ведомый БПЛА с координатами  $(X_j^N; Y_j^N; Z_j^N)$ ;

$N$  – номер интегрированной группы БПЛА,

$M$  – общее количество ведомых БПЛА в ИГ;

$j$  – порядковый номер БПЛА в интегрированной группе;

$d$  - расстояние между БПЛА, определяется параметрами внешней среды.

В соответствии с выражением (1)  $V^0$  – структура с одним БПЛА,

$$V_k^0 = \{X_k^0; Y_k^0; Z_k^0\}$$

В структуре треугольник (рисунок 1, а.)  $V^1 = \{VD^1; \cup_{j=1}^2 VM_j^1\}$  (двухмерная измерения  $x^0; y^0$ )

где,  $VD^1 = (0; 0)$ ;  $VM_2^1 = (-d; 0)$ ;  $VM_3^1 = (d; 0)$ ;

В соответствии с выражением (1)  $V^2$  – структур круг (рисунок 1, б.)

$$V^2 = \left\{ VD^2; \bigcup_{j=1}^8 VM_j^2 \right\}$$

В структуре сферическая (рисунок 1, с.) (трехмерная измерения  $x^0; y^0; z^0$ )

$$V^3 = \left\{ VD^3; \bigcup_{j=1}^{10} VM_j^3 \right\}$$

В структуре объемная (рисунок 1, д.)

$$V^4 = \left\{ VD^4; \bigcup_{j=1}^{12} VM_j^4 \right\},$$

С учетом вышеизложенного, алгоритм трансформации можно описать следующим образом:

1. Ввод. Из системы управления ИГ БПЛА или из внешнего формируется поступает сигнал трансформации  $x(t)$  и  $L, d$   
где  $L$  – порядковый номер варианты трансформации  
 $d$  – нормированное расстояние между БПЛА.
2. Из базы данных извлекаются основные формулы для трансформации.
3. Установить начало системы координат связав с ведущем элементов.  
 $VD^N = \{0, 0, 0\}$ .
4. С применением канала передачи данных на основе VLC сформировать исходную ИГ БПЛА с присвоением координат каждому элементу в соответствии (1).
5. По заданной  $L$ , определяем формулу трансформации в соответствии с (2) – (6).
6. Определяем по (6) в зависимости от  $d$  новые координаты всех БПЛА после трансформации.
7. Передача полученный координаты на автопилоты БПЛА

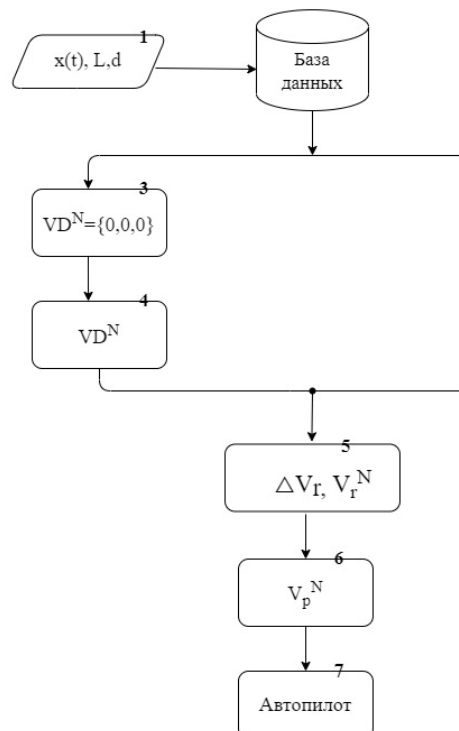


Рисунок 2 – Блок схема предлагаемого исследование

В интерфейсе ПО имеются две формы, которые позволяют пользователю устанавливать необходимые значения расстояния  $D$  (в метрах) между элементами интегрированной группы, а также дальность смещения  $R$  (в метрах) БПЛА в процессе трансформации групп. Для каждой трансформации в ПО реализована функции, включающие построение трехмерной системы координат для позиционирования БПЛА, движение каждого элемента интегрированных групп в процессе трансформации, визуализация перемещения из одной точки в другую с помощью специальных «треков». Позиционирование элементов интегрированных групп осуществляется с помощью трехмерных массивов. Перемещение БПЛА задается через функцию Matlab – `linspace()`. Первые два аргумента функции `linspace()` определяют начальную и конечную координату, третий аргумент – количество точек, равномерно распределенных между начальной и конечной координатой. Подписи каждого БПЛА интегрированных групп задаются с помощью функции `text()`. Через функции `animatedline()` и `addpoints()` программируется перемещение каждого БПЛА с визуализацией перехода из одной пространственной позиции в другую с помощью разноцветных «треков» (рис. 3).

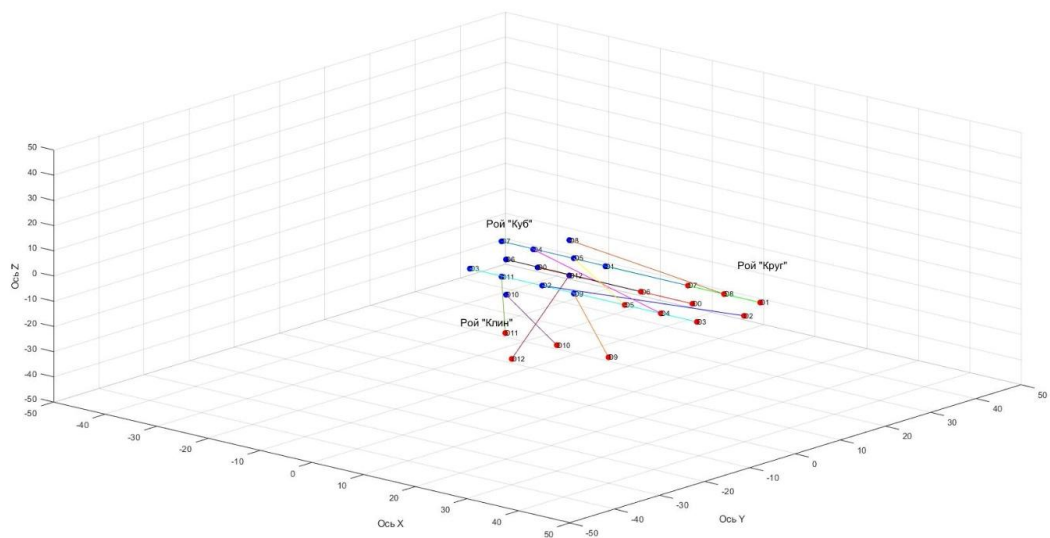


Рисунок 3 – Визуализация перемещения БПЛА в пространственной системе координат в процессе трансформации интегрированных групп

С помощью функции `scatter3()` движение каждого БПЛА отмечается разноцветным маркером «х». Через кнопку «Симуляция» запускается процесс моделирования. Выбор типа трансформации сопровождается отображением соответствующей схемы в интерфейсе приложения.

#### **Заключение.**

В статье рассмотрены математические модели определения координат интегрированных групп и разработана решение математической модели и построены компьютерные модели группа БПЛА.

Разработан алгоритм, обеспечивающий оперативное перестроение ИГ БПЛА в групповые структуры с меньшими количеством элементов.

Для достижения поставленной цели были произведен расчет математической модели интегрированных групп в БПЛА и построены компьютерные модели роев БПЛА в трехмерной системе координат.

Используя формулы (1-5) в Matlab R2020b можно моделировать перемещение роев БПЛА по прямым и криволинейным траекториям в пространственной системе координат. Будущие исследования связаны с компьютерным моделированием процесса преодоления

искусственных препятствий. При этом практически значимым решением является интегрирование генетических алгоритмов в качестве модуля оптимизации и поиска надежных траекторий движения, минимизирующих вероятность столкновения элементов как между собой, так и с искусственными препятствиями.

Подход к управлению с беспроводным каналом связи роя к БПЛА одиночным оператором является главной проблемой. В этом случае надо рассматривать данную проблему как один оператор — один рой или один оператор — один кластер (роя). Данный кластер будет являться как мини-рой и работает удаленно. Чтобы исключить столкновений группы роя необходима инструмент автоматического инструмента. Для этого надо рассматривается работа искусственного интеллекта

### **Благодарности**

*Статья выполнена в рамках проекта Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан на грантовое финансирование фундаментальных и прикладных научных исследований молодых ученых-постдокторантов по проекту «Жас Ғалым» на 2024-2026 гг. ИРН АР22684785 «Разработка алгоритмов искусственного интеллекта для управления режимами функционирования интегрированных групп БПЛА с VLC-технологией передачи данных»*

### **Список литературы**

1. Soumya Mohanty, *Swarm Intelligence Methods for Statistical Regression* (2020). - // ISBN 9780367670375 152 Pages Published September 30, 2020 by Chapman & Hall, <https://www.routledge.com/Swarm-Intelligence-Methods-for-Statistical-Regression/Mohanty/p/book/9780367670375>
2. Marzhan, Y., Talshyn, K., Kairat, K., Belginova, S., Alibekkyzy, K. and Yerbol, O. (2022). “Smart technologies of the risk-management and decision-making systems in a fuzzy data environment,” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science (IJECS)*, vol. 28, no. 3, pp. 1463-1474, Dec. 2022, <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v28.i3.pp1463-1474>
3. Alibekkyzy, K., Wojcik, W., Vyacheslav, K., and Belginova, S. (2021). “Robust data transfer paradigm based on VLC technologies,” *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 99, no. 3, Feb. 2021.
4. Chowdhury, M., Shahjalal, Md. (2019). et al. *The Role of Optical Wireless Communication Technologies in 5G/6G and IoT Solutions: Prospects, Directions, and Challenges // Applied Sciences*. – 2019. – Vol. 9, Issue 20. – P. 4367-1-4367-20.
5. Израиль безрезультатно направил две ракеты Patriot на перехват БЛА на Голанах. URL: <http://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/3462479> / Izrail' bezrezul'tatno napravil dve rakety Patriot na perekhvat BLA na Golanakh. URL: <http://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/3462479>
6. Бердоносов, В.Д., Журавлёв, Д.О. (2020). *Mathematical model of mutual movement of unmanned aerial vehicles-// Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами №3 (8) 2020 г.*, [https://DOI.org/10.26731/2658-3704/2020/3\(8\)/11-21](https://DOI.org/10.26731/2658-3704/2020/3(8)/11-21) cnh 11-21/ Berdonosov, V.D., Zhuravlyov, D.O. (2020). *Mathematical model of mutual movement of unmanned aerial vehicles-// Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами №3 (8) 2020г.*, DOI 10.26731/2658-3704/2020/3(8)/11-21 cnh 11-21.
7. Yesmagambetova, M., Ten, T., Ospanova, T., Belginova, S., and Alibekkyzy, K. (2020). “Digital modelling of decision-making risks in natural and man-caused critical situations,” *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 100, no. 15, pp. 4628–4640, 2022.
8. Klikushin, Y. N., Koshekov, K.T., Kobenko, V.Y. and Trunin, E.S. (2014). “An algorithm for evaluating the state of a generating unit based on the identification measurements of

vibrosignals,” Russian Journal of Nondestructive Testing, vol. 50, no. 7, pp. 413–418, Jul. 2014, [https://doi: 10.1134/S1061830914070055](https://doi.org/10.1134/S1061830914070055).

9. Alenezi, M. (2020). “Ontology-based context-sensitive software security knowledge management modeling,” International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), vol. 10, no. 6, pp. 6507–6520, Dec. 2020, doi: 10.11591/IJECE.V10I6.PP6507-6520.

10. Lekerova, F., Koshekov, K., Alibekkyzy, K., Belginova, S., Bygubayeva, A. and Ismailova, R. (2023). “Digital twin of the quality management system for environmental control of the near-airdom environment,” Journal of Theoretical and Applied Information Technology, vol. 101, no. 12, 2023.

11. Chandriah, K.K. and Raghavendra, N.V. (2020). “Multi-objective optimization for preemptive and predictive supply chain operation,” International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), vol. 10, no. 2, pp. 1533–1543, Apr. 2020, [https://doi: 10.11591/ijece.v10i2.pp1533-1543](https://doi.org/10.11591/ijece.v10i2.pp1533-1543).

12. Yesmagambetova, M., Ten, T., Ospanova, T., Belginova, S. and Alibekkyzy, K. (2020). “Digital modeling of decision-making risks in natural and man-caused critical situations,” Journal of Theoretical and Applied Information Technology, vol. 100, no. 15, pp. 4628–4640, 2022.

13. Toiganbayev, B. (2023). et al., “Risk assessment of control and decision-making in the aircraft control system,” Journal of Theoretical and Applied Information Technology, vol. 101, no. 6, 2023.

## VLC НЕГІЗІНДЕГІ ДЕРЕКТЕРДІ БЕРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ИНТЕГРАЦИЯЛАНҒАН ТОПТАРДЫ БЕЙІМДЕЛМЕЛІ ТРАНСФОРМАЦИЯЛАУ АЛГОРИТМІ

*Аңдатпа.* Бұл жұмыста ұшқышсыз ұшу аппараттарының (ҰҰА) интеграцияланған топтарының координаттарын анықтауға арналған математикалық модель қарастырылады. ҰҰА қолдану салалары мен қашиықтықтан басқарылатын аппараттарды біріктіретін ұшқышсыз авиациялық жүйелердің перспективалық бағыттары талданған. Мұндай жүйелерде өзара әрекеттесудің тұрақтылығын және сенімділігін арттыру үшін интеграцияланған топтардың тұрақты құрылымдары ұсынылған.

Назарды интеграцияланған ҰҰА топтарын модельдеудің әдістеріне аудардық, олар математикалық сипаттаманы және компьютерлік эксперименттерді қамтиды. Интеграцияланған топтардың құрылымдары қозғалыс кезінде топологияның тұрақтылығы мен деректерді жіберу арналарының сенімділігін (VLC технологиялары негізінде) ескерумен талданған.

Нәтижелерді алу үшін интеграцияланған топтардың математикалық сипаттамалары және компьютерлік модельдері әзірленген, олар топологияның тұрақтылығы мен деректерді беру арналарының сенімділігі критерийлеріне сәйкес келеді. Модельдеу Matlab R2020b ортасында жүзеге асырылып, үшөлшемді координаталық жүйеде ҰҰА топтарының компьютерлік модельдері құрылған.

Сонымен қатар, жұмыста интеграцияланған ҰҰА топтарының әртүрлі топологиялары қарастырылып, олардың жүйенің тұрақтылығы мен сенімділігіне әсері талданған

**Түйін сөздер:** әдіс, ұшқышсыз ұшу аппараттарының тобы, басқару, деректерді жіберу арналары, модель, жасанды интеллект.

## ADAPTIVE ALGORITHM FOR THE TRANSFORMATION OF INTEGRATED GROUPS IN VLC DATA TRANSMISSION SYSTEMS

**Abstract.** This work presents a mathematical model for determining the coordinates of integrated groups of unmanned aerial vehicles (UAVs). The main application areas of UAVs and promising directions for the development of unmanned aviation systems, integrating complexes of

remotely controlled vehicles, are analyzed. To improve the stability and reliability of interaction in such systems, stable structures of integrated groups are proposed.

Special attention is given to methods for modeling integrated UAV groups, including mathematical description and computer simulation. The structures of integrated groups are analyzed, taking into account the criteria of topological stability during movement and the reliability of data transmission channels based on visible light communication (VLC) technologies.

To obtain results, mathematical descriptions and corresponding computer models of integrated UAV groups were developed, meeting the criteria of topological stability and reliability of data transmission channels. Modeling was performed in Matlab R2020b, where computer models of UAV swarms were constructed in a three-dimensional coordinate system.

Additionally, the work considers different types of topologies for integrated UAV groups and their impact on the stability and reliability of system performance.

**Keywords:** method, group of unmanned aerial vehicles, control, model, data transmission channels, artificial intelligence.

#### Сведение об авторах

Керибаева Талшын Бақытжанқызы	Сеньор-лектор кафедры «Авиационная техника и технологии», АО Академия Гражданской Авиации, г. Алматы, Казахстан. E-mail: <a href="mailto:talshyn.keribayeva@agakaz.kz">talshyn.keribayeva@agakaz.kz</a>
Paweł Komada	PhD, professor of Electronics and Information Technology at Faculty of Electrical Engineering and Computer Science of Lublin University of Technology, Poland. E-mail: <a href="mailto:p.komada@pollub.pl">p.komada@pollub.pl</a>
Кунапьянова Маржан Советхановна	Преподаватель «ШЦТииИИ», ВКТУ им.Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан, E-mail: <a href="mailto:Kmarzhana92@mail.ru">Kmarzhana92@mail.ru</a>
Ерсаинова Ж.Е.	Преподаватель «ШЦТииИИ», ВКТУ им.Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан, E-mail: <a href="mailto:Zhansaya.ersayynova@mail.ru">Zhansaya.ersayynova@mail.ru</a>

#### Авторлар туралы мәлімет

Керибаева Талшын Бақытжанқызы	«Авиациялық техника және технологиялар» кафедрасының аға оқытушысы, Азаматтық Авиация Академиясы, Алматы, Қазақстан E-mail: <a href="mailto:talshyn.keribayeva@agakaz.kz">talshyn.keribayeva@agakaz.kz</a>
Paweł Komada	PhD, professor of Electronics and Information Technology at Faculty of Electrical Engineering and Computer Science of Lublin University of Technology, Poland. E-mail: <a href="mailto:p.komada@pollub.pl">p.komada@pollub.pl</a>
Кунапьянова Маржан Советхановна	«ЦТЖЖИМ» оқытушысы, Д.Серікбаев атындағы ШҚТУ, Өскемен қ., Қазақстан E-mail: <a href="mailto:Kmarzhana92@mail.ru">Kmarzhana92@mail.ru</a>
Ерсаинова Ж.Е.	«ЦТЖЖИМ» оқытушысы, Д.Серікбаев атындағы ШҚТУ, Өскемен қ., Қазақстан E-mail: <a href="mailto:Zhansaya.ersayynova@mail.ru">Zhansaya.ersayynova@mail.ru</a>

#### Information about the authors

Keribayeva Talshyn	PhD, Senior Lecturer of the Department of Aviation equipment and technology, of the Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan E-mail: <a href="mailto:talshyn.keribayeva@agakaz.kz">talshyn.keribayeva@agakaz.kz</a>
Paweł Komada	PhD, professor of Electronics and Information Technology at Faculty of Electrical Engineering and Computer Science of Lublin University of Technology, Poland. E-mail: <a href="mailto:p.komada@pollub.pl">p.komada@pollub.pl</a>
Kunapyanova Marzhan	Teacher of " SDTaAI ", D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan
Ersainova Zh.	Teacher of " SDTaAI ", D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan E-mail: <a href="mailto:Zhansaya.ersayynova@mail.ru">Zhansaya.ersayynova@mail.ru</a>